中華農業研究 (Jour. agric. Res. China) 31(3)：177～186 (1982)

稻穀粒性狀之遺傳研究[1]

郭益全 謝順景[2]

摘要：本試驗以 Mira (P_1)×Norin 20 (P_2) 組合之包括 P_1、P_2、F_1、F_2、BC_1 及 BC_2 等六個遺傳集團爲材料，探討該組合稻穀之粒長、粒厚、粒寬及百粒重等 4 個穀粒性狀之遺傳行爲，結果獲知：粒長、粒厚、粒寬及百粒重等 4 個穀粒性狀在 F_2 集團之頻度分布圖形均呈連續性分布，但 4 穀粒性狀分布圖形之樣式則不盡一致。雜種優勢、純雜種優勢及自交衰退量等三種遺傳介值普遍存在 4 穀粒性狀，其經以 Potence value 判定 4 穀粒性狀在 F_1 之顯性程度及 Mather and Jinks 變方成分劃分以評定 4 穀粒性狀顯性度之估算結果十分近似，均呈短粒對長粒及粒厚對粒薄爲不完全顯性；粒寬爲超顯性；粒重方面則爲微小程度之不完全顯性。經世代平均值分析指出，粒長及粒重之遺傳變異由累加性、顯性、累加性 × 累加性交感、累加性 × 顯性交感、顯性 × 顯性交感等成分所支配，且兩性狀之顯性及顯性 × 顯性之交感等兩成分符號相反，表示屬重覆型之上位性。而粒厚之變異主要係累加性、顯性及累加性×累加性交感成分之效應。粒寬之變異則由顯性及累加性×顯性交感兩成分之效應所左右。4 穀粒性狀之廣義遺傳率介於 82—94% 之間，狹義遺傳率介於 34—69% 之間，其中以粒長之遺傳率較高，而以粒厚者較低。相關分析之結果發現粒重與粒長、粒厚及粒寬均呈極顯著之正相關。

劉等 [5] 綜合本省期作間水稻乾物質、碳水化合物與氮素之供需比較的研究，提出一初步假說爲：一期作水稻之光合成能力足供穗部發育之需，產量限制因子爲貯蓄 (Sink) 容積；二期作則光合成能力與貯蓄容積並爲限制因子。基此假說，吾人可推定欲謀本省稻作之增產須從增加未來品種之貯蓄容積及提高新育成品種之光合成能力等兩方面來進行。其中，貯蓄容積之增加，則可藉增加穎花數或提高結實率或增大穀粒的潛在大小 (Potential size) 來著手 [5,16]。

而所謂稻穀的潛在大小就是習稱的稻穀性狀 (Grain character)，它是由該稻粒之長、寬（或稱幅）、厚及重等度量來表示。然由於稻粒係由稻穀之內外穎緊密地包裹著，故同品種稻穀的潛在大小之變異不僅不大，且早在開花 (Anthesis) 之前五天即已決定 [14]。亦即，若穀粒發育期間之充實無障礙，同品種稻粒之貯蓄容積概呈一定。也就是說，穀粒之輕重大小是一種表現相當穩定的品種特性 [25]。

據 Chang and Somrith [7] 及 Chang and Li [8] 之論述，稻穀特性能直接或間接影響稻米之市場商品價值，而爲一種相當重要之經濟性狀。再加上前所述及之穀粒的潛在大小頗與本省稻作之增產有關。故，有關稻穀特性之遺傳育種研究實有其重要性，惜至目前爲止，學者專家有關稻穀特性之研究報告雖頗多，唯已發表之往昔報告中，稻穀特性往往被視爲質的性狀 (Qualitative character) 來探討；而將之視爲量的性狀 (Quantitative character) 來檢討之報告尚不多見。且已發表之報告也僅討論稻粒之長及重 [1,20] 等兩性狀，至於粒寬及厚等兩數量性狀之遺傳訊息則闕如。故本論文之目的乃在全面探討稻穀之長、寬、厚及重等四個數量性狀之遺傳行爲，藉供有關稻穀特性育種方面遺傳基礎知識之再認識，俾助益於目標稻粒大小育種計畫之擬定，而有利於合意品種之選獲。

---

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1052 號。文承本所呂宗佳博士斧正，敬表謝忱。
2. 本所農藝系助理研究員、研究員兼系主任。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

材料與方法

供試水稻材料係以大粒種之 Mira 爲花粉親(P_1)，而以短粒種 Norin 20 號爲母本 (P_2) 行雜交及 F_1 之自交與回交兩親本所得之 F_1、BC_1、BC_2、F_2、P_1 及 P_2 等共計六個集團。試驗年期爲 1981 年一期作：田間設計採逢機完全區集，四重覆。每區集包含：P_1 及 P_2 各二行；F_1、BC_1 及 BC_2 各一行；$F_2$20 行及保護行前後各 3 行等共計 33 行。每行 12 株，單本植。行株距 25×25 cm。肥料用量硫酸錏、過磷酸鈣及氯化鉀依次各爲 600、300 及 80 kg/ha。收穫考種時則每區集各集團每行取中間10 株。每單株百粒重之數據係各該單株充實良好逢機 500 粒重之平均值；至於粒長、寬及厚等三性狀則爲度量此 500 粒中逢機 5 粒稻粒之平均。

至於調查所得各性狀諸數據之統計分析則：F_2集團各穀粒性狀柱狀頻度分布圖形組幅之訂定按葉著[4]倡議之 Snedecor 氏及 Struges 氏兩法之折衷實用組幅法設訂，至於各該分布之歪度及峯度值的估算及顯著性測驗亦採葉著[4]所載 R. A. Fisher 大師之 r_1 及 r_2 係數法。至於各性狀 F_1 顯性程度之測定以 Griffing[9] 所提之公式估算。F_1 之雜種優勢 (Heterosis) 仿 Walton[22] 法計算；而 F_1 之純雜種優勢 (Heterobeltiosis) 則按 Leng[11] 及 Li[12] 之方法估計；自交衰退量 (Inbreeding depression) 採 Miller and Marani[15] 之公式估計。各類遺傳因子效應之劃分係按 Mather and Jinks[13] 法進行。遺傳率之估計廣義者以 Weber and Moorthy[24] 法，狹義者以 Warner[23] 法估算。而控制各該性狀之有效因子數則兩法並行，a法仿 Sinnott氏等[19] 法；b 法則據 Burton[6] 法估計。另各性狀彼此間之表現型、遺傳型及環境相關乃根據 Weber and Moorthy[24] 之公式估算。

結　果

一、各集團稻穀性狀之表現暨 F_2 集團諸穀粒性狀之分離

供試水稻材料各集團稻穀性狀之平均值及各該平均值之標準機差列於表 1，F_2 集團各穀粒性狀之柱狀頻度分布圖形則繪如圖 1，至於表 2 則爲各稻穀性狀柱狀頻度分布圖形之歪度及峯度估值。

表 1. 水稻 Mira×Norin 20 組合 4 稻穀性狀之世代平均及平均之標準機差

Table 1. Generation means and the standard error of the means of four grain characters in Mira×Norin 20 cross combination of rice (1st crop season 1981).

Generation	Grain length (mm)	Grain thickness (mm)	Grain width (mm)	100-grain wt. (g)
$\overline{P_1}$	9.68±0.020	2.33±0.008	3.72±0.010	3.73±0.025
$\overline{BC_1}$	9.51±0.098	2.31±0.009	3.78±0.015	3.71±0.077
$\overline{F_1}$	8.46±0.018	2.30±0.006	3.79±0.010	3.27±0.016
$\overline{F_2}$	8.57±0.016	2.26±0.003	3.74±0.005	3.18±0.009
$\overline{BC_2}$	7.92±0.032	2.25±0.008	3.71±0.018	2.92±0.024
$\overline{P_2}$	7.77±0.018	2.24±0.005	3.73±0.006	2.70±0.008

由表 1 就兩親本稻穀性狀之表現觀之，大粒種之父本 (P_1) 與短粒種之母本 (P_2) 間，兩者稻穀之粒長及粒重等兩性狀雖存有相當程度之差異，但粒寬與粒厚等兩性狀則兩親本間幾無差別或差異不大。表 1 亦顯示各集團 4 個稻穀性狀之表現則除粒寬性狀之表現無一定趨勢外，餘粒長、粒厚及粒重之在各世代之表現的變異趨勢則相當一致。均呈 F_1 世代及 F_2 集團之均值均介於兩親本之間；同時，F_1 回交兩親本之各回交代 BC_1 及 BC_2 的粒長、粒厚及粒重等 3 性狀之表現，則各該回交代亦趨近於各該回交親本諸性狀之表現，即 BC_1 趨近 P_1；BC_2 趨近 P_2。此 3 性狀之表現似暗示控制此等性狀

之遺傳變異中，累加性的變方似占有相當大之比例。至於粒寬之表現則 F_1、F_2 及 BC_1 等三世代均優於高親本，而 BC_2 則與兩親本幾無無差異，此現象可推定控制粒寬性狀之遺傳成分中，似有超顯性現象。

圖 1 F_2 集團各穀粒性狀之柱狀頻度分布圖形則顯示：供試水稻材料穀粒之長、寬、厚及重等四個性狀之分布均屬連續性分布（Continual distribution），即符合數量性狀概呈連續性分布之前提。唯，四性狀分布圖形之樣式則似不盡一致(表 2)。粒長之分布不僅峰度顯著地高於常態分布之峰度，且圖形之高峰亦偏向左方呈右偏斜（表 2），表示 F_2 集團中大多數個體本性狀之表現概較偏向低親本Norin 20號這一方。同時，圖形亦顯示 F_2 集團之諸多個體中，並無超越出兩親本變域之個體出現(圖 1a)，表示在本供試水稻材料中，粒長性狀並無超越分離現象。粒厚之頻度分布圖形爲具常態峰度之右偏斜圖形(表 2)，但圖形則顯現 F_2 集團中尙有若干個體向正負兩方向作超越分離（圖 1b）

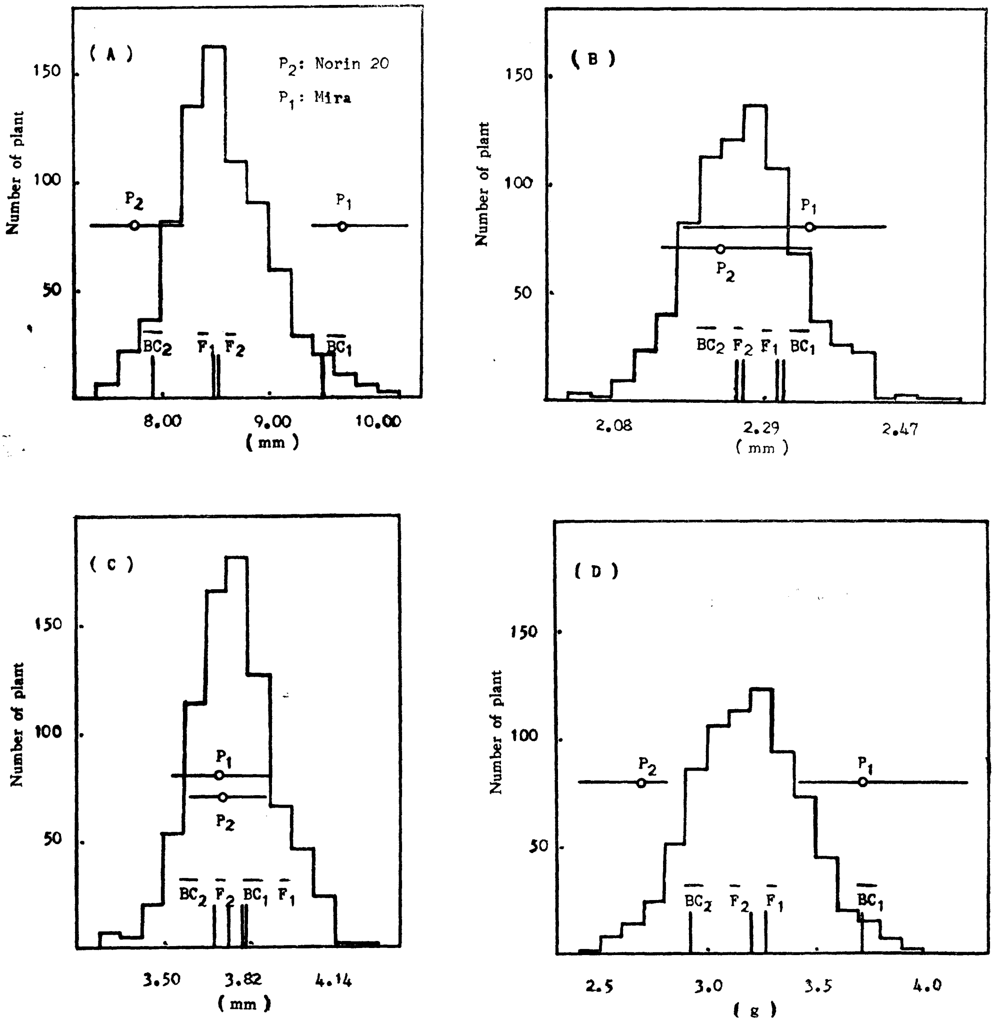

圖 1. 水稻 Mira×Norin 20 組合兩親本、F_1、F_2、BC_1 及 BC_2 4 稻穀性狀之平均與 F_2 之頻度分布

Fig. 1. F_2 distributions and means of grain length (A), grain thickness (B), grain width (C) and 100-grain weight (D) of parents, F_1, F_2, BC_1 and BC_2 plants in Mira×Norin 20 cross combination of rice. Solid horizontal lines show the range of parents about the means (dotted circles).

。粒寬性狀之頻度分布圖形雖尚對稱，但峰度則高於常態峰度（表２），且圖形亦 F_2 集團中有相當數目之個體向左右兩方向超越兩親本（圖 1c）。粒重性狀之分布圖形則為 4 稻穀性狀中唯一之常態分布（表２），而 F_2 集團中本性狀亦無超越分離現象（圖 1d）。

表 2. 水稻 Mira×Norin 20 組合 4 稻穀性狀之歪度及峰度

Table 2. Skewness (g_1) and kurtosis (g_2) of four grain characters estimated from Mira×Norin 20 cross combination of rice.

Character	g_1	g_2
Grain length	0.44*	0.43*
Grain thickness	0.20*	0.32
Grain width	0.15	0.70*
100-grain wt.	0.05	0.09

*Significant at the 5% level.

二、各稻穀性狀之雜種優勢、純雜種優勢，自交衰退量及 F_1 顯性程度

所謂雜種優勢是 F_1 世代某性狀與兩親中間值之差異的一種遺傳介值；純雜種優勢則為 F_1 世代某性狀之均值與高親本之差異的一種表示方式；自交衰退量則示 F_1 世代與 F_2 集團某性狀之均值之差異。本研究為明瞭稻穀性狀之此三種遺傳介值曾仿各類估算公式加以估計，其結果列於表 3。由表 3 知，F_1 世代 4 個稻穀性狀中，除粒長為低於兩親中間值外，餘粒寬、粒重及粒厚等三性狀則均高於兩親中間值。而 F_1 世代四穀粒性狀之表現與高親本者相比較則僅粒寬優於高親本外，餘三性狀均顯著地低於高親本。至於 F_1 世代與 F_2 集團穀粒性狀表現之差異，則除粒長是 F_2 集團均值大於 F_1 世代之平均外，餘粒厚、粒寬及粒重等三性狀均呈 F_1 世代之平均大於 F_2 集團之平均。

某性狀 F_1 顯性程度之估計係 F_1 世代該性狀之均值與兩親中間值之差異與此性狀高親本與兩親中間值差異之比值。若此比值之絕對值介於 0 至 0.25 間，則表該性狀在 F_1 世代沒有顯性或僅若干程度之部份顯性；而當此比值之絕對值介於0.25至 0.75 間時，即表示部份顯性；若其絕對值落在 0.75 至 1.25 時，則為完全顯性；而在此絕對值大於 1.25 以上時，即表示該性狀在 F_1 世代上之表現為超顯性作用 (9)。本研究曾仿此 Griffing (9) 之理論估算供試水稻材料四穀粒性狀之 F_1 顯性程度，其估算結果亦列於表 3 中。由表3 F_1 顯性程度項下獲知：粒長之 Potence value 為負值，其絕對值則落入 0.25 至 0.75 之間，顯示粒長在 F_1 世代之表現為短粒對長粒呈部份顯性，其餘粒厚性狀為穀粒厚者對粒薄者為部份顯性；粒寬性狀在 F_1 世代上表現則呈寬者對狹者為超顯性；至於百粒重性狀在 F_1 世代之表現則重者對輕者僅存在微小程度之部份顯性或無顯性。

表 3. 水稻 Mira×Norin 20 組合 4 稻穀性狀之雜種優勢、純雜種優勢、自交衰退量及顯性度

Table 3. Heterosis, heterobeltiosis, inbreeding depression and degree of dominance of four grain characters in Mira×Norin 20 cross combination of rice.

Character	Heterosis	Heterobeltiosis	Indreeding depression	Degree of dominance of F_1	
				Potence value	Marked
Grain length	− 3.1**	− 12.6**	− 1.3**	− 0.28	Partial dominance
Grain thickness	0.9*	− 1.3**	1.7*	0.40	Partial dominance
Grain width	1.6**	1.6**	1.3**	13.00	Over dominace
100-grain wt.	1.6**	− 12.3**	2.8**	0.10	No dominance

*Significant at the 5% level.
**Significant at the 1% level.

三、各穀粒性狀之變方成分

理論上，數量性狀之表現實乃遺傳、環境及遺傳與環境交感作用三者之總和。其中遺傳變方又可區分爲顯性作用、累加性及兩者之交感作用的變方。而由本研究結果之前兩節已現出供試水稻材料 4 稻穀性狀中諸變方成分大小不同之端倪，今爲較肯定諸穀粒性狀各該變方成分之相對大小起見，乃按 Mather and Jinks [13] 由 F_2 及各回交代估算變方成分之方法，估算 4 穀粒性狀之顯性、累加性及環境變方之估值，其結果示如表 4 。綜覽表 4 可知四穀粒性狀之累加性及顯性變方均較其環境變方爲大，同時四穀粒性狀之三類變方成分中，則僅粒長之顯性變方爲負值，餘均爲正值，而表示顯性變方及累加性變方相對大小之 $\sqrt{H/D}$ 值則除粒粒寬大於 1 外，餘粒長、粒寬及粒重等三性狀概小於 1 。

茲再就表 4 按性別分別詳述累加性變方、顯性變方及 $\sqrt{D/H}$ 所蘊藏之遺傳訊息。首先，粒長之顯性變方爲負值，此即表短粒者對長粒者爲顯性；而 $\sqrt{D/H}=0.85$，其值與表示完全顯性時之 $\sqrt{H/D}=1$ 則存有相當之差異。據此吾人可推定本研究供試材料關於穀粒長之遺傳行爲呈短粒對長粒爲不完全顯性；粒厚之顯性變方爲正值； $\sqrt{D/H}=0.67$ ，表示穀粒厚者對穀粒薄者爲不完全顯性；粒寬之顯性變方亦爲正值，唯 $\sqrt{H/D}$ 之值高達 6.54，顯示粒寬之遺傳機制有超顯性現象；百粒重則穀粒重者對穀粒輕者有相當程度之不完全顯性。總上而知，此由 F_2 及各回交代之變方成分劃分所作之推定恰與前節 F_1 顯性程度估計之結果相當近似。

表 4. 水稻 Mira×Norin 20 組合 4 稻穀性狀之變方成分
Table 4. The variance components of four grain characters in Mira×Norin 20 cross combination of rice.

Character	D	H	E	$\sqrt{D/H}$
Grain length	0.5804	− 0.4151	0.0241	0.85
Grain thickness	0.0194	0.0088	0.0030	0.67
Grain width	0.0074	0.0484	0.0054	6.54
100-grain wt.	0.1071	0.0299	0.0230	0.53

四、各穀粒性狀之尺度測驗及 6 介量模式之遺傳效應估計

前已述及數量性狀之遺傳變方通常又可區爲累加性變方、顯性變方及兩者交感作用之變方等三類，前節亦曾藉 F_2 及各回交代劃分供試水稻材料 4 稻穀性狀之變方成分。唯限於估算方法僅能獲得累加性變方、顯性變方及環境變方等三種成分，至於遺傳變方中是否有累加性及顯性因子之交感作用存在則未能檢出，故將各穀粒性狀之各項資料行 Mather and Jinks [13] 兩氏所提之尺度測驗(Scaling test) 公式測定各性狀是否符合累加性-顯性模式 (Additive-dominance model)，其結果如表 5 。

表 5. 水稻 Mira×Norin 20 組合 4 稻穀性狀之尺度測驗
Table 5. Scaling test for four grain characters in Mira×Norin 20 cross combination of rice.

Parameter	Grain length	Grain thickness	Grain width	100-grain wt
A	0.88**±0.198	−0.01 ±0.020	0.05 ±0.032	0.42 ±0.222
B	−0.39**±0.069	−0.04* ±0.018	−0.10**±0.038	−0.13* ±0.051
C	−0.09 ±0.078	−0.13**±0.019	−0.07* ±0.031	−0.25**±0.054

* Significant at the 5% level.
** Significant at the 1% level.

由表 5 知，粒長性狀之 A 尺度與 B 尺度與 0 均有極顯著之差異存在，表示粒長性狀並未能符合單純累加性-顯性模式，而可能有各類交感作用存在；其他粒厚、粒寬及粒重等三性狀亦均未能符合累加性-顯性模式。亦即表 5 尺度測驗之數據顯示供試水稻材料穀粒性狀之遺傳變方中，除了存在累加性變方及顯性變方外，尚有兩者之各類交感作用之變方存在，故本研究乃再根據 Mather and Jinks [13] 非對立因子交感作用之檢出公式進一步行累加性、顯性及交感作用的 6 介量模式行遺傳效應之估計，其結果示如表 6。

由表 6 知，粒長、粒厚及粒重之累加性效應均達 1 %極顯著之水準；顯性效應方面則粒長、粒厚、粒寬及粒重等四個性狀概顯著；至於各類交感作用方面，各性狀之顯著情形除粒長及粒重相仿外，餘粒厚及粒寬等兩性狀交感效應之類型則互不相同。詳言之，粒長及粒重之遺傳行爲完全相似，兩者之遺傳變方概由累加性、顯性、累加性×累加性之交感、累加性×顯性之交感及顯性×顯性之交感等五類變方所支配；而粒厚性狀之遺傳變方係由累加性、顯性及累加性×累加性之交感等三類變方所左右；至於粒寬性狀之遺傳變方則僅受顯性及累加性×顯性之交感等兩型變方所支配。

綜上而知，粒長、粒厚、粒寬及粒重等四個稻穀性狀中，粒長及粒重之遺傳機制較複雜，而粒寬及粒厚兩性狀之遺傳行爲較爲簡單，尤以粒寬爲然。

表 6. 水稻 Mira×Norin 20 組 4 稻穀性狀 5 介量因子效應之加權最小平方估計

Table 6. Weighted least square estimation of gene effects in a 6-parameters for four grain characters of the Mira×Norin 20 cross combination of rice.

Character	Gene effect					
	m (mp)	d (add.)	h (dom.)	i (add.×add.)	j (add.×dom.)	l (dom.×dom.)
Grain length	8.15**±0.216	0.96**±0.013	1.39* ±0.633	0.58**±0.216	1.27**±0.208	−1.07* ±0.468
Grain thickness	2.21**±0.061	0.05**±0.005	0.23* ±0.093	0.08**±0.027	0.03 ±0.026	−0.03 ±0.052
Grain width	3.71**±0.081	−0.01 ±0.006	0.15**±0.061	0.02 ±0.04	0.15**±0.048	0.03 ±0.150
100-grain weight	2.68**±0.200	0.52**±0.013	1.43**±0.596	0.54**±0.200	0.55**±0.198	−0.83* ±0.397

* Significant at the 5% level.
** Significant at the 1% level.

五、各稻穀性狀之遺傳率、有效因子數及粒重與其他稻穀性狀之相關

表 7 所列係各稻穀性狀之廣義與狹義遺傳率及控制各該性狀表現之有效因子數。至於粒重與其他稻穀性狀粒長、粒厚及粒寬等三性狀之表現型、遺傳型及環境相關係數則示於表 8。

表 7. 水稻 Mira×Norin 20 組合 4 稻穀性狀之遺傳率及有效因子數

Table 7. Heritability and effective factor of four grain characters estimated from Mira×Norin 20 cross combination of rice.

Character	Heritability		Effective factor[1]	
	Broad sense	Narrow sense	a	b
Grain length	93.9	68.9	2.45	2.40
Grain thickness	68.1	33.9	0.44	0.30
Grain width	82.0	46.0	0.10	0.06
100g-grain weight	84.3	40.3	2.88	2.38

1. a : Estimated by the method of Sinnott *et al.* (1951).
   b : Estimated by the method of Burton (1951).

由表7知各性狀之廣義遺傳率值均遠較各該性狀之狹義遺傳率值爲高，再度顯示各性狀之遺傳成分中，顯性變方佔有相當之份量。而諸稻穀性狀之遺傳率概以粒長爲最高，以粒厚之遺傳率值爲較低。此可能爲粒厚之決定受穀粒充實期間微氣象之因素影響較大而掩蓋了基因之表能潛能。

本研究中，控制各該性狀之有效因子曾分別採用 Sinnott 氏等[19] 及 Burton[6] 氏所提之公式進行估算，結果發現兩氏之估算結果十分近似（表7），惟兩法中 Sinnott 等[19]法之估計簡易，故以本研究之結果言，以 Sinnott 氏等[19]法行各該性狀之有效因子數之估算實已相當妥善可信。至於控制各稻穀性狀之有效因子數則粒長可能有2羣；粒重約爲2－3羣；而粒厚及粒寬等兩性狀則不足1羣，考其原因應爲兩親本該兩性狀之差異不大之故（表1）。

綜覽表8粒重與其他三稻穀性狀之三類相關係數值知，粒重與其他稻穀性狀之遺傳相關值遠大於各該性狀之環境相關；而表現型相關則恰介於遺傳相關及環境相關值之間。同時，粒重與粒長、粒寬及粒厚等三稻穀性狀間均呈極顯著之正相關。

表 8. 水稻 Mira×Norin 20 組粒合重與其他3稻穀狀性之表現型、遺傳型及環境相關

Table 8. Phenotypic(r_P)、genotypic (r_G) and environmental (r_E) correlation coefficients among 100-grain weight and grain length, grain thickness and grain width in the F_2 population of Mira×Norin 20 cross combination

Character	r_P	r_G	r_E
100-grain weight and			
Grain length	0.65**	0.77	0.23
Grain thickness	0.52**	0.56	0.52
Grain width	0.48**	0.56	0.26

**Significant at the 1% level.

討　論

與小麥及大麥之穀粒大小（Grain size）品種內存有相當大之變異不同，稻穀之穀粒是由內外穎緊密地包裹著，所以同品種稻穀穀粒之潛在大小的變異範圍有限，且其大小早在開花前5天即已決定[14]。因此增大稻穀穀粒之潛在大小遂被 Murata and Matsushima [16] 等稻作生理學者認爲是稻作增產之有效措施之一；又因爲穀粒大小是稻米市場品質之極重要的性狀之一。所以有關稻穀潛在大小之遺傳育種研究實有其重要性，然基於以往稻穀性狀常被視爲質的性狀，且僅有粒長及粒重等兩性狀之報告，而未遍及粒厚及粒寬等二性狀之研究。故本研究以世代平均值法爲主，全面探討粒長、粒厚、粒寬及粒重等4個稻穀數量性狀之遺傳行爲。而由本研究供試水稻材料4稻穀性狀柱狀頻度分布圖形顯示，4穀粒性狀柱狀飽度分布圖形之樣式雖不盡一致，但均屬連續性的分布（表2及圖1）。此觀察結果恰與湯著[3]：某性狀之後代雜種中可發現兩種極端型以及各種程度之中間型，且其雜種植物間該性狀是一種連續性分布之數量性狀特質之描述相符，亦即據此觀察，吾人可認定本試驗供試水稻材料之粒長、粒厚、粒寬及粒重等4種性狀均屬數量性狀，而諸性狀之各該分布圖形之樣式則與前人[2,10,20]之綜述與觀察研究的結果相同。並再次確證著者等於試驗前即以數量性狀爲前提，且以世代平均值法來進行本項遺傳研究是妥善的。

作物某性狀雜種優勢之發生，據 Sinha and Khanna[18] 從生化、遺傳及生理基點上之論述，雖有顯性說，超顯性說、生理刺激、細胞及次細胞的互補作用（Complementation at cellular and subcellular level）、平衡的代謝（Balanced metabolism）及賀爾蒙與其他因素（Hormonal and

other factor）等種種假說。但純就遺傳觀點而言，學者一般常以顯性、上位性（Epistasis，即非對立因子間之顯性作用）或前兩者之綜合效應爲導致某性狀發生雜種優勢之原因，且當顯性作用爲該性狀發生雜種之唯一原因時，則F_1世代該性狀之均值即等於F_2集團此性狀之平均[12]。而本研究中，曾採 Walton[22] 所提 $(\bar{F}_1-\overline{MP})/\overline{MP}\times100$ 的估算公式估計 4 稻穀性狀之雜種優勢；仿 Leng[11] 及Li[12] 之 $(\bar{F}_1-\overline{HP})/\overline{HP}\times100$ 之估算公式估計純雜種優勢；按 Miller and Marani[15] 之 $(\bar{F}_1-\bar{F}_2)/\bar{F}_1\times100$ 的估算式計算自交衰退量。結果發現上述雜種優勢、純雜種優勢及自交衰退量等三種遺傳介值均顯著，意即 F_1 世代 4 稻穀性狀與高親本（HP）、中間親本（$2MP=\bar{P}_1+\bar{P}_2$）及 F_2 集團各該性狀均值均有差異存（表 3）。故採前人論據[12] 證之本研究表 3 之結果，吾人可判定本研究供試水稻材料 4 穀粒性狀在 F_1 世代所表現之雜種優勢，並非僅僅爲遺傳因子之顯性效應，而可能尚有其他遺傳因子之各類作用存在。

據 Chang and Somirth[7] 及 Chang and Li[8] 綜述中所引述 Dave 氏對粒長顯性順序之觀察是依次爲長粒＞中粒＞短粒＞極短粒。本研究曾仿 Griffing[9] 所提公式計算 Potence value 值，以評定F_1各性狀之顯性程度；並曾按 Mather and Jinks[13] 由六個遺傳集團爲材料，將 F_2 某性狀之變方劃分爲顯性、累加性及環境等三類變方，同時藉 $\sqrt{D/H}$ 值以指出該性狀之顯性度。結果兩種估算方法一致指出在本供試水稻材料中，粒長之遺傳行爲係短粒對長粒爲部分顯性或不完全顯性（表 3 及表 4）。亦即本研究之推定恰與早期學者Dave之觀察結果相反；與晚近之短粒對長粒爲不完全顯性[21] 或顯性[1,15] 之遺傳假說相同或近似。至於本研究中粒厚、粒寬及粒重等三穀粒粒性狀之觀察結果，則著者等所蒐集之諸多中文獻中，並無足供印證者。另 Griffing[9] 由 F_1 及兩親本之資料指出 F_1 粒厚、粒寬及粒重等性狀的顯性度與方向則與 Mather and Jinks[13] 氏由六個遺傳集團材料所指出稻穀粒厚、粒寬及粒重等三性狀之顯性程度與方向完全相同。故就本試驗之結果言，雖 Griffing[9] 氏法計算簡易；所須遺傳集團也少；而 Mather and Jinks[13] 法所須遺傳集團較多，計算過程也較複雜，但兩法之估算結果所蘊含之遺傳意義則相同，不過此相異之兩估算方法而有相同之遺傳訊息是否具普遍性，則吾人不敢遽下斷言。

理論上，某數量性狀之遺傳變方又可區分爲累加性變方(d)、顯性變方(h)、及累加性×累加性（i）累加性×顯性（j）與顯性×顯性（l）等三類交感之變方。而 Mather and Jinks[13] 則進一步依次稱這三類交感爲同型接合體×同型接合體（Homozygote×Homozygote）交感、同型接合體×異型接合體（Homozygote×Heterozygote）交感與異型接合體×異型接合體（Heterozygote×Heterozygote）交感，並將此三類交感依 h 及 l 之正負符號區分爲互補型（Complementary type）及重覆型（Dutplicae type）。其中，互補型係 h 與 l 正或負同號；而重覆型則 h 與 l 之正負異號。準此，可知粒長與粒重等兩性狀遺傳變異中之交感變方係屬重覆型。而粒厚及粒寬等兩性狀之 l 值均與 0 無顯著之差異（表 6），故不能將之歸類。

同時本研究中顯示粒長之遺傳變異係由累加性、顯性及累加性×累加性交感、累加性×顯性交感與顯性×顯性交感等五種變方所支配（表 6），此結果與曾[1] F_1 全互交分析之粒長的遺傳變異主要由累加性變方所支配之結果不同；而與 Somirth 氏等[20] 以世代平均值法分析粒長之遺傳因子效應，所指出之累加性及顯性爲粒長變異的兩大遺傳因素，其間並存有若干非對立因子之交感作用之結果相近。至於粒重之遺傳機制則本研究之結果與學者們研究指出之百粒重之遺傳變異雖有若干程度屬非對立因子間之交感作用[20] 或顯性變方[1]，但主要由累加性變方所支配[1,20] 之結果相異。

遺傳率之估算結果則顯示 4 稻穀性狀粒長、粒厚、粒寬及粒重等之遺傳率值若與已發表稻株其他性狀之遺傳率值[8] 相比較，則 4 稻穀性狀之遺傳率值已相對趨高。指出，與稻株其他性狀相比，稻穀性狀受遺傳因素（累加性變方）支配之程度已相當高，很有利於育種選拔效率之確保。

引用文獻

1. 曾美倉・1977・水稻粒重、粒型及其他數量性狀之全互交分析・國立臺灣大學農學院研究報告 17（2）：78—90。
2. 張德梅・1974・水稻粒型之遺傳研究・農業研究 23（1）：9—15。
3. 湯文通・1967・作物育種之原理與實施，初版・國立臺灣大學農學院農藝系，臺北。
4. 葉樹藩・1974・試驗設計學　第一部份生物統計學，增訂六版。廣文書局，臺北。
5. 劉大江・陳定鼎・1981・期作間水稻乾物質、碳水化合物與氮素之供需比較，臺灣省政府農林廳所屬各試驗場所　農業試驗工作報告，稻作組臺灣省農業試驗所部份　P60—62。
6. Burton, G. W. 1951. Quantitative inheritance in pearl millet. Agron. J. 43 : 409-417.
7. Chang, T. T. and B. Somrith. 1979. Genetic studies on the grain quality of rice. In Proceeding of the workshop on chemical aspects of rice grain quality. P49-58. IRRI.
8. Chang, T. T. and C. C. Li. 1980. Genetic and breeding. In Rice : production and ultilizition. (Bor S. Luh ed.) P87-146. AVI Publishing Company, INC.
9. Griffing, J. B. 1950. Analysis of quantitative gene action by constant parent regression and related techniques. Gentics 35 : 303-321.
10. Hsieh, S. C. and Y. C. Kuo. 1979. Genetical studies on protein content and other agronomic characters in the cross between *india* and *japonica* rices. Proceeding of the National Science Council 3 (4) : 397-403.
11. Leng, E. R. 1954. Effects of heterosis no the major components of grain yield in cron. Agron. J. 46 : 502-506.
12. Li, C. C. 1976. Early generation heterosis and inbreeding depression in rice. (NCHU) Bull. Agronomy 1 : 73-81.
13. Mather, K. and J. L. Jinks. 1971. Biometrical genetics. Cornell University Press, New York.
14. Matsushima, S. 1957. Analysis of dvelopment factors determining yield and yield prediction in lowland rice. Bull. Nat. Inst. Agr. Sci. Japan Ser. A5 : 1-127.
15. Miller, P. A. and A. Marani. 1963. Heterosis and combining ability in diallel crosses of upland cotton. Crop Sci. 3 : 441-444.
16. Murata, Y. and S. Matsushima, 1975. Rice. In Crop Phsiology (L. T. Evans ed.)P73-99. Cambridge University Press, London.
17. Sastry, M. V. S. 1978. Inheritance of genes controlling glum size, pericarp colour and their inter-relationship in *indica* rice. *Oryza* 15 (2) : 176-179.
18. Sinha, S. K. and R. Khanna. 1975. Physi ological, biochemical and genetic basis of heterosis. Advanced in Agronomy 27 : 123-174.
19. Sinnott, E. W., L. C. Dunn and T. H. Dobxhansky. 1950. Principle of genetics. McGraw Hill. Book CO. Inc.
20. Somrith, B., T. T. Chang and B. R. Jackson, 1979. Genetic analysis of traits related to grain characteristics and quality in two crosses of rice. IRPS No. 35.
21. Takeda, W. and K. Saito. 1980. The major genes controlling grain size in rice. Japanese J. Breeding 30(3) : 280-282.
22. Walton, P. D. 1971. Heterosis in spring wheat. Crop Sci. 11 : 422-424.
23. Warner, J. N. 1952. A mothod for estimating heritability. Agron. J. 44 : 427-430.
24. Weber, C. R. and B. R. Moorthy. 1952. Heritable and nonheritable relationship and variability of oil content and agronomic char acters in the F_2 generation of soybean crosses. Agron. J. 44 : 202-209.
25. Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science, IRRI.

Genetical Studies on Grain Characters in Rice[1]

Y. C. Kuo and S. C. Hsieh[2]

Summary

Genetical studies were made on four grain characters in rice using F_1, F_2, BC_1 and BC_2 populations of the cross between Mira (P_1) and Norin 20 (P_2) varieties. The grain length, grain thickness, grain width and 100-grain weight in F_2, all showed continuous and unimodal distributions. However, the distribution curves are not symmetrical as indicated by different values of skewness and kurtosis for respective character.

Heterosis, heterobeltiosis and inbreeding depression of each character was detected in F_1 of this cross, because the statistic of each characters was significantly departed from the zero value. The degree of dominance of the respective character expressed by potence value and the value estimated by Mather and Jinks's formula of the comprehension of components of variance was quite similar, i. e. short grain is incompletely dominant over long grain ; the thick-grain is incompletely dominant over thin-grain ; the wider grain is over-dominant to narrow grain and the heavy-grain weight is slightly partial dominance over light-grain weight.

The results of generation mean analysis indicated that the variations in grain length and 100 grain weight were mainly due to the gene effects of additive, dominance, additive×additive, additive×dominance and dominance×dominance. A difference in the signs of dominance and dominance×dominance components was observed, indicating a duplicated type of epistasis. The variation of grain thickness was largely due to additive, dominance and additive×additive gene effects. For grain width, the gene effects of dominance and additive×dominance components appeared to be more important.

The broad sense heritabilities of four grain characters ranged 82-90% while narrow sense heritabilitie ranged from 34-69%. The grain length and grain thickness showed the highest and lowest heritabities respectively among the four grain characters studied. It was observed further that 100-grain weight was possitively correlated with grain length, grain thickness and grain width.

---

1. Contribution No. 1052 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Asistant Agronomist and Senior Agronomist respectively, Department of Agronomy, TARI. Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 431. ROC.